

寒区曲线梁桥设计规范

2025 - 08 - 29 发布

2025 - 09 - 29 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 2

5 设计原则 2

6 基本要求 2

7 寒区专项参数调查 2

8 总体布置 3

 8.1 平面和纵、横断面布置 3

 8.2 桥跨布置 3

 8.3 主梁横截面 3

 8.4 墩台形式及设计要求 4

9 结构体系与支承布置 4

 9.1 结构体系的分类及选择 4

 9.2 竖向支承布置 4

 9.3 水平面内变形及约束布置 4

10 结构计算 5

 10.1 计算方法 5

 10.2 上部结构静力计算 5

 10.3 下部结构静力计算 5

 10.4 抗倾覆验算 6

 10.5 抗震设计计算 6

11 结构构件设计 7

 11.1 主梁设计 7

 11.2 墩柱设计 7

 11.3 支座设计 7

 11.4 附属设施设计 8

12 预应力钢束设计 8

 12.1 基本要求 8

 12.2 构造设计 8

附录 A（规范性） 抗倾覆验算汽车荷载 10

附录 B（资料性） 相关计算 11

参考文献 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：黑龙江省交通规划设计研究院集团有限公司、大连理工大学、黑龙江省八达路桥市政工程有限公司、黑龙江农垦建工路桥有限公司、黑龙江省鼎捷路桥工程有限公司、黑龙江省交投工程建设有限公司、黑龙江省龙建路桥第一工程有限公司、黑龙江省龙建路桥第二工程有限公司、黑龙江省龙建路桥第四工程有限公司、黑龙江省龙建路桥第五工程有限公司、大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司、大连大学、黑龙江省交通投资集团有限公司哈尔滨运营分公司、黑龙江工程学院。

本文件主要起草人：陈柯、姜涛、王海峰、徐浩、刘长刚、吴迪、徐加勇、张思远、李亚军、潘旭、高尚、路巍、刘大伟、房兴时、周启琳、邢明明、朱巍志、张哲、徐兰钰、武铁雷、李巍、蒋东冰、刘金鑫、姜晓岩、刘亚男、王新山、邱文亮、白国亮、孙丽丽、韩娟、赵德鹏、杨玉光、王会利、韩毅、李顺起、李文博、罗婷婷、刘立刚、史伟、于海波、靳冰冰、吴兴利。

寒区曲线梁桥设计规范

1 范围

本文件规定了寒区曲线梁桥设计的符号和缩略语、设计原则、基本要求、寒区专项参数调查、总体布置、结构体系与支承布置、结构计算、结构构件设计以及预应力钢束设计等内容。

本文件适用于寒区公路新建、改扩建曲线梁桥的设计，包括钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土、钢-混组合曲线梁桥。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- JTG/T 3360-01 公路桥梁抗风设计规范
- JTG 3362-2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 3363 公路桥涵地基与基础设计规范
- JTG B02 公路工程抗震规范
- JTG D60 公路桥涵设计通用规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弧线跨径
沿曲线梁桥中心线的水平跨径。

3.2

销轴
一种允许支点在水平面内转动，限制其线位移的约束形式。

3.3

切向销轴
一种允许支点在水平面内转动，允许切向位移且限制其径向位移的约束形式。

3.4

径向销轴
一种允许支点在水平面内转动，允许径向位移且限制其切向位移的约束形式。

3.5

抗扭跨径
邻近的两个抗扭支撑间的跨度距离。

3.6

爬移

曲线梁桥运营过程，受到外力、环境等诸多因素的作用导致桥梁主梁发生平面移位，相关因素消失后，其平面移位不能完全恢复，而产生部分残余位移。长期反复的作用使这种残余位移逐渐累积，最终导致曲线梁桥的平面移位。

3.7

桥梁横向温度梯度

桥梁结构在太阳照射作用下，沿截面横向形成的温度差异分布规律。

4 符号和缩略语

几何参数：

B ——桥宽；

D ——直径；

R ——半径；

L ——跨度；

L_0 ——计算跨径；

P_k ——车道荷载集中荷载；

D_i ——间距；

φ_T ——扭转角；

I_{mp} ——冲击系数。

5 设计原则

寒区曲线梁桥设计应以全寿命周期安全性与耐久性为核心目标，并遵循以下原则：

- 应考虑寒区极端环境下的不利荷载作用；充分考虑冻胀力、横向温度梯度及冻融循环等作用的不利影响；
- 桥梁选址不宜在规避冻胀丘、热融湖塘等敏感地质区域；
- 寒区曲线梁桥所使用的材料应能适应寒区耐久性问题；
- 桥梁设计过程中应采取有效措施减少融雪剂等对桥梁结构的侵蚀效应。

6 基本要求

- 6.1 寒区曲线梁桥应进行寒区环境条件下的设计专题研究工作。
- 6.2 寒区曲线梁桥结构的设计应分阶段实行严格管理和控制，应明确寒区桥梁的使用条件，对特殊交通功能桥梁，应采用相应的特殊车辆荷载进行结构整体和局部验算。
- 6.3 寒区曲线梁桥设计时，除应符合本文件外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

7 寒区专项参数调查

- 7.1 寒区曲线梁桥设计前，应开展专项地质勘察与环境参数调查，调查范围应覆盖桥梁影响区，数据采集期不宜少于3个完整冻融周期。调查成果应形成专项报告，经评审后作为设计依据。
- 7.2 应收集下列冻土特征参数：

- 场地最大冻深、年冻融循环次数及冻融速率；
- 冻胀敏感性土层分布范围、冻胀率及融沉系数；
- 多年冻土区地温场空间分布特征及退化趋势。

7.3 应采集下列温度参数：

- 桥址区近年极端最高/最低气温及年温差；
- 典型季节日照辐射强度与主梁受晒方向；
- 混凝土箱梁横向温度梯度实测值；无实测数据时可参考 JTG D60 之相关规定。

7.4 应获取下列水文气象数据：

- 最大积雪深度、积雪持续时间及分布特征；
- 河流桥梁的冰厚、冰压力及壅冰高度；
- 冻融期地下水位波动规律及腐蚀介质含量。

7.5 应评估下列特殊地质风险：

- 冻胀丘、热融湖塘、冰锥等冻土地貌的分布范围与活动性；
- 融沉性土层厚度、压缩模量及沉降速率。

7.6 应进行下列相关环境侵蚀参数调查：

- 桥位区融雪剂年均施用量及径流渗透路径；
- 冻融-盐蚀协同作用对混凝土质量损失率的调查。

8 总体布置

8.1 平面和纵、横断面布置

- #### 8.1.1 汽车荷载作用下曲线梁桥内、外侧梁体最大竖向位移差异超过 20%时应设置不同的预拱度。
- #### 8.1.2 曲线梁桥纵断面设计时不宜设置较大的纵坡。

8.2 桥跨布置

- #### 8.2.1 既有条件下进行曲线梁桥桥跨布置时宜尽量减小抗扭跨径，同时减小曲线梁桥抗扭跨径所对应的圆心角。
- #### 8.2.2 偏心荷载效应显著时抗扭跨径不宜大于 30 m。

8.3 主梁横截面

8.3.1 曲线梁桥截面形式选择应符合以下规定：

- 曲线半径大于 300 m 的曲线梁桥可采用板式截面、肋板式截面、肋式截面（T 型或 I 型）或多箱式截面；
- 曲线半径小于 150 m，宜采用闭口整体箱式截面；
- 当曲率半径 $R \leq 300$ m 时，宜采用箱梁截面型式；当 $100 \text{ m} \leq R < 300$ m 时，不宜采用肋式截面作为预应力曲线梁桥截面；当 $R < 100$ m 时，不应采用预应力曲线肋式截面型式；

8.3.2 多跨连续曲线梁桥，箱梁的悬臂不宜超过 2.5 m。

8.3.3 曲线梁桥的横截面尺寸参数可参考直梁桥的相关参数拟定，应根据圆心角的大小适当加强局部构造。

8.3.4 曲线梁桥采用非等高截面时，内、外侧梁高设置应结合桥梁曲线半径、超高设置等条件综合确定。

8.4 墩台形式及设计要求

- 8.4.1 当采用墩梁固结设计时，应建立包含结构上、下部及基础的整体模型进行计算分析。墩柱宜采用矩形截面墩柱。
- 8.4.2 墩台受力分析时，应考虑由曲线梁桥内、外侧梁受力差异对其产生的弯矩。
- 8.4.3 曲线梁桥纵向固定墩宜增加抗弯刚度，以减小或避免主梁的纵向爬移。
- 8.4.4 采用顶推法或者悬臂法施工连续曲线梁桥时，其墩台设计应考虑施工过程中的抗扭约束，分析曲线梁桥由恒荷载及施工荷载产生的弯扭影响。
- 8.4.5 跨河桥梁墩台结构形式应考虑凌汛期的防撞措施。

9 结构体系与支承布置

9.1 结构体系的分类及选择

- 9.1.1 简支曲线梁桥应对梁端扭矩产生的支座脱空和疲劳问题进行验算。在设计中应设置防倾覆构造装置。
- 9.1.2 连续曲线梁桥可通过支座横向偏移来调整主梁的扭矩分布。桥下由于空间限制而采用独柱墩时，应在独柱墩墩顶设置抗扭支承结构。
- 9.1.3 连续曲线梁桥设计采用柔性高墩时，可将部分支点设置为墩梁固结形式，采用该结构体系时宜先进行墩梁的刚度比选择和桥墩的承载力计算。

9.2 竖向支承布置

- 9.2.1 简支曲线梁桥竖向支承应采用两端均设置抗扭支承的竖向超静定支承布置形式，布置方式如图1所示。

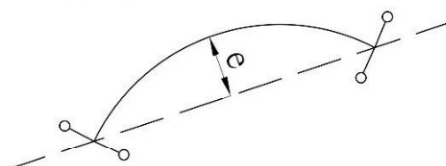


图1 简支曲线梁桥竖向支承布置

- 9.2.2 连续曲线梁桥的竖向支承由支座提供时，所有支点均应设置抗扭支承。可通过调整支座的横向布置位置提高全桥的抗倾覆能力。
- 9.2.3 中间支点设置为墩梁固结的连续曲线梁桥，其余支点均应设置抗扭支承。
- 9.2.4 桥梁同一点处宜设置为双支座，不宜设置两个以上的支座。

9.3 水平面内变形及约束布置

- 9.3.1 在进行曲线梁桥水平面内约束设计时，梁体的温度变化和混凝土收缩可按弧段半径变化而圆心角不变的原则进行水平面内受力和变形分析。
- 9.3.2 曲线梁桥宜采用适应其曲率变化的平面约束形式，宜减少平面内转动约束的超静定次数。应设置正常使用状态下不作为梁体约束的防落梁措施。

9.3.3 曲线梁桥径向均设置滑动支座的支点处应设置限位挡块，挡块与梁体间应设置弹性缓冲垫层。限位挡块应满足承载力要求，其预留间隙值需通过结构变形计算结果确定。

9.3.4 水平面内变形及约束布置应综合考虑系统温度及沿梁截面竖向和横向温度梯度的影响，具体参见附录 B.1 和 B.2 的相关内容。

10 结构计算

10.1 计算方法

10.1.1 曲线梁桥的跨度大于 4 倍梁体边肋或边腹板间的距离，计算宜采用六自由度空间梁单元模型。

10.1.2 曲线梁桥的跨度小于 3 倍梁体边肋或边腹板间的距离，计算应采用空间梁格模型。

10.1.3 对变宽、斜交的曲线梁桥，计算应采用空间梁格模型。

10.1.4 曲线梁桥的局部结构分析宜采用板壳单元模型或实体单元模型。

10.1.5 汽车离心力、冲击力及自重计算参见附录 B.3~B.5 的相关内容。

10.2 上部结构静力计算

10.2.1 当圆心角小于 30° ，且梁长宽比大于 2 时，宜采用单梁模型进行整体受力分析。

10.2.2 曲线半径小于 150 m 的曲线梁桥应进行上部结构纵向弯曲、整体扭转及截面横向变形的耦合效应分析，应采用梁格模型进行结构分析验算。

10.2.3 对于圆心角大于 30° 、变宽截面、斜交布置或在单支点设置多支座（ ≥ 3 个）的曲线梁桥，应采用梁格模型进行分析验算。

10.2.4 对异形曲线梁桥，应采用板壳单元或实体单元进行整体计算分析，同时建立梁格模型进行分析结果的对比验证。

10.2.5 曲线梁桥进行上部结构分析及支座脱空验算，宜建立包含下部结构的全桥模型进行计算分析。

10.2.6 采用直线梁单元模拟曲线梁，梁单元长度不宜大于 1 m。以桥梁轴线建立单梁模型时，由于梁体内、外侧弧长不同而产生的附加扭矩可通过计算内、外侧梁体重量差以均布扭矩的形式施加到梁单元上。

10.2.7 进行车道荷载作用分析时应增加外侧偏载和内侧偏载工况，取其最不利包络结果。

10.2.8 进行温度作用分析时，应分别计算系统升、降温，主梁上、下缘日照温差以及主梁侧向日照温差，并进行多种组合取其包络。温度取值参见附录 B.1、B.2 的相关内容。

10.2.9 采用直梁模型进行单梁体系分析时，预应力钢束产生的面内力与混凝土徐变次内力宜按以下原则处理：

- 当预应力钢束沿主梁轴线对称布置时，进行支座水平承载力验算时，可不考虑上述面内力与徐变次内力的影响；
- 当预应力钢束沿主梁轴线不对称布置时，除采用单梁模型计算外，还应采用梁格模型或实体单元模型进行补充验算。

10.2.10 曲线梁桥采用板式橡胶支座时，应建立寒区环境下温度效应的支座刚度修正模型，其中抗压模量与剪切模量的取值宜依据试验结果确定。

10.3 下部结构静力计算

10.3.1 下部结构的内力分析宜采用包括基础-墩台-主梁协同变形效应的整体模型进行计算。设置板式橡胶支座的桥梁在验算支座的局部脱空时,应采用可剪切变形的梁单元来模拟支座的特性,单元高度应取橡胶层的总厚度。对于存在墩梁固结的单点支承体系应进行固结墩的受力及稳定性验算。

10.3.2 进行墩柱设计时,若支座没有径向约束,应将最大支座反力的6%作为水平力沿该支点处曲线梁的径向施加到墩顶进行结构验算。

10.3.3 曲线梁桥位于冻融影响区时,应按下列要求进行寒区环境冻融循环作用下的结构分析:

- 分别进行冻融期(基础约束刚度弱化)与非冻融期(基础约束刚度正常)双工况计算;
- 冻融期基础约束刚度折减系数根据冻融深度和土质条件确定;
- 设计取值应采用双工况包络结果。

10.3.4 冻土地基抗拔稳定性验算参考 JTG 3363 相关规定。

10.4 抗倾覆验算

10.4.1 抗倾覆验算时按照附录 A.1 计算车道荷载和车辆荷载,取其最不利结果。

10.4.2 设有人行道的曲线梁桥,应考虑雪荷载的作用影响,可按不利情况进行单侧布置。

10.4.3 有单点支承的曲线梁桥抗倾覆验算中应包括梁体扭转角的验算,限制梁体支点处的最大扭转角 $\varphi_T < 0.02 \text{ rad}$ 。

10.4.4 抗倾覆验算要求在短暂及持久状况下,桥梁不应发生结构体系改变,并应同时满足下列规定:

- 在作用基本组合下,单向受压支座始终保持受压状态;
- 考虑抗倾覆措施作用后,在考虑 2.5 倍汽车荷载的标准组合下,结构受力体系不发生改变;
- 结构整体抗倾覆承载能力大于强度破坏承载能力。

10.4.5 独柱支承曲线梁桥,连续梁的边中跨径比不宜小于 0.7,每联长度不宜超过 120 m。

10.4.6 曲线梁桥桥宽与边支承间距的比值不应大于 2。

10.5 抗震设计计算

10.5.1 对混凝土曲线梁桥进行抗震设计时,荷载按 JTG B02 取值。

10.5.2 桥梁结构动力计算模型应能正确反映桥梁上部结构、下部结构、支座和基础的刚度、质量分布及阻尼特性。动力计算模型应满足下列要求:

- 计算模型中的梁体和墩柱采用空间梁单元模拟,单元质量采用一致质量或者集中质量代表;
- 模拟支座的单元应能准确反映支座的力学特性,减隔震支座或阻尼器等设施应采用边界非线性单元模拟其受力特性;
- 计算模型应考虑相邻结构和边界条件的影响。

10.5.3 进行曲线梁桥地震反应分析时,应分别沿各桥墩连线方向和垂直于连线水平方向进行多方向地震输入,以包络最不利地震水平输入方向。

10.5.4 采用减隔震支座或阻尼器等装置时,应对结构进行非线性时程分析。

10.5.5 在地震高烈度地区不宜采用一个固定墩的约束形式,在水平方向宜采用弹性约束,提高结构的自振周期,并使各墩共同参与受力。

10.5.6 曲线梁桥应对地震作用下的最不利荷载组合进行抗倾覆验算,采用水平地震作用+竖向地震作用+公路-I 级车道荷载计算倾覆力矩。

10.5.7 地震作用下的抗倾覆稳定系数,可通过结构地震时程分析得到倾覆力矩时程,选择其中最小倾覆力矩进行抗倾覆稳定系数验算。

10.5.8 抗震验算应考虑冻融地区对基础约束刚度影响,参见 10.3.3 条。

11 结构构件设计

11.1 主梁设计

- 11.1.1 曲线桥梁持久状况设计应按承载力极限状态的要求，对构件进行承载力及稳定计算；同时应按正常使用极限状态的要求，对构件的抗裂、裂缝宽度和挠度进行验算，符合 JTG 3362 的要求。
- 11.1.2 采用独柱支承结构时，支点横梁宜采用预应力钢筋混凝土结构。
- 11.1.3 曲线梁桥的钢筋布置应符合下列要求：
- 横向钢筋垂直于梁体轴线顺着径向布置时，结构计算分析应考虑曲线内、外侧钢筋间距的不同；
 - 箱梁横向钢筋（顶板、底板）和竖向钢筋（腹板箍筋）应闭环搭接，搭接长度按 JTG 3362 的规定执行；
 - 根据冻融环境、除冰盐（融雪剂）环境、化学腐蚀环境等环境类别，宜按照 JTG 3362 中 9.1.1 的规定，在纵向钢筋呈折线形配置的区域及锚固区附近预应力钢筋转向区段，适当提高钢筋保护层厚度。
- 11.1.4 处于冰融雪剂腐蚀环境的钢筋，宜采用防腐环氧涂层，并按 JTG 3362 的要求增加锚固长度。
- 11.1.5 对于曲线半径小于 240 m 的钢筋混凝土箱截面梁应设跨间横隔板，其间距不应大于 10 m；对于预应力箱形截面梁横隔板的最大间距可参考表 1 执行。

表 1 横隔板最大间距

曲率半径 R（m）	$R \leq 120$	$120 < R < 240$	$R \geq 240$
横隔板间距 D_i （m）	13	25	可不设

11.2 墩柱设计

- 11.2.1 墩身应按 JTG 3362 进行下列验算：
- 偏心受压构件和轴心受压构件的正截面抗压承载力验算；
 - 持久状况正常使用极限状态下的墩身裂缝宽度验算与墩顶变形验算。
- 11.2.2 验算桥墩时，应考虑主梁横向爬移引起支点力偏移导致的弯矩增大效应，并应根据寒区环境适当提高。
- 11.2.3 曲线梁桥圆形墩柱按径向和切向合力的最不利组合内力结果进行配筋，矩形墩柱除按两个方向分别配筋外，还应进行合力的配筋验算。
- 11.2.4 进行墩柱的盖梁设计时应考虑主梁最大扭矩产生的不均匀反力。
- 11.2.5 采用悬臂浇筑施工的预应力钢筋混凝土连续曲线梁桥，应进行施工阶段结构分析，并验算墩身及基础的强度与稳定，验算荷载应包括下列各项：
- 施工荷载：挂篮等施工机具重量及施工人员荷载；
 - 悬臂不平衡荷载：按主梁半个节段重量计算；
 - 主梁不均匀性荷载：曲线梁一侧取理论重量的 1.025 倍、另一侧取 0.975 倍；
 - 施工阶段风荷载：其设计重现期系数应根据施工时间长短，按 JTG/T 3360-01 的相关条款取用；
 - 温度荷载：当严寒条件下结构以悬臂状态处于施工冬歇期时，应按 JTG D60 寒冷地区及严寒地区的规定计入温度荷载。

11.3 支座设计

11.3.1 混凝土曲线梁桥在支座设计时应考虑主梁爬移的影响，并设置防止爬移措施，并应根据寒区环境适当加强。

11.3.2 当曲线梁桥设置拉压支座时，拉压支座不应产生水平面内的附加约束。

11.3.3 对于曲线梁桥，宜采用板式橡胶支座，设置横向挡块，应避免在曲线梁桥中使用辊轴支座。

11.3.4 正常运营状态下支座不应受拉。重要曲线梁桥，宜选用测力支座，实时监测支座反力及水平位移。

11.3.5 支座材料的选取应考虑寒区低温环境下对其耐久性的影响。

11.4 附属设施设计

11.4.1 曲线梁桥附属设施的总体布置应符合下列规定：

——对于设置超高的单向横坡曲线梁桥，桥面排水孔道应布置在曲线内侧。曲线梁桥在设置栏杆、灯柱、路缘石、泄水孔等附属设施时，应考虑内、外弧长差异分别布设；

——宜将曲线梁桥的附属结构，如水管路、电线路等设置在曲线内弧侧。

11.4.2 宜在曲线梁桥上设置警示牌，禁止大型货车在桥上集中排队靠一侧行驶或停靠。

11.4.3 排水系统宜设置融雪剂隔离层，控制融雪剂等的渗透侵蚀。

11.4.4 曲线梁桥宜采用梳形板伸缩缝，设计时应考虑寒区横向温度梯度的影响，根据计算结果对梳形板伸缩缝转角提出要求，并加强伸缩缝密封防冻胀设计。

12 预应力钢束设计

12.1 基本要求

12.1.1 曲线梁预应力筋布置符合下列规定：

——宜按截面中心线对称布置，宜采用两端张拉；

——宜使预应力筋的水平合力作用点连线与梁的轴线相吻合；

——在设计中不宜采用大吨位的预应力钢束；

——预应力钢筋的张拉顺序应保持沿梁轴线对称张拉。

12.1.2 计算曲线梁桥预应力钢筋损失时，除按 JTG 3362 规定的预应力损失项目外，还应计入平面内主梁弯曲变形造成的预加力变化。宜对不同类型的孔道进行不少于一个孔道的摩阻测试，通过测试所确定的 μ 值和 k 值修正设计张拉控制应力，对长度大于 60 m 的孔道宜增加摩阻测试的数量。

12.1.3 封锚混凝土宜使用微膨胀混凝土，并适当提高抗渗和抗冻等级。

12.2 构造设计

12.2.1 在布置腹板预应力筋时宜偏向腹板的曲线外侧布置，增大腹板内侧混凝土的抵抗厚度。预应力钢筋竖弯或平弯相邻预应力管道间的最小净距应大于弯曲平面内最小混凝土保护层厚度且不小于管道直径的 0.6 倍。

12.2.2 管道内径的截面面积不宜小于预应力钢筋截面面积的 2 倍。

12.2.3 预应力曲线梁桥的钢筋布置应满足下列规定：

——应加强腹板箍筋设置，箍筋直径不宜小于 16 mm；

——增设防崩钢筋，防崩钢筋直径不宜小于 12 mm，间距不宜大于预应力管道直径的 1.5 倍。防崩钢筋的内侧要与预应力筋束相密贴，用铁丝扎牢，不得松动；

——防崩钢筋的锚固端必需有充足的锚固长度，防崩钢筋锚固长度不应小于 $15d$ (d 为钢筋直径)，并设成弯钩与构造钢筋骨架绑扎牢固或与腹板钢筋焊接，其示意图如图 2 所示。

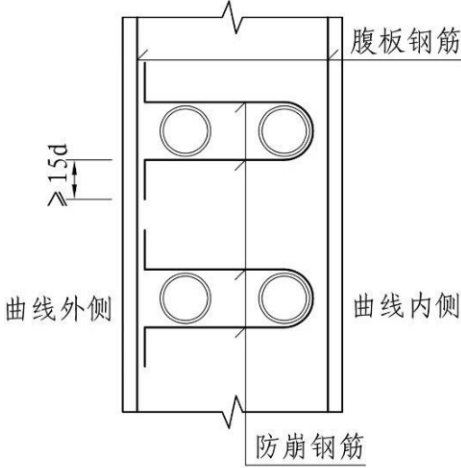


图 2 防崩钢筋固定示意图

附录 A
(规范性)
抗倾覆验算汽车荷载

A.1 抗倾覆验算汽车荷载

汽车荷载应考虑其偏载效应，活载最不利布载形式下对结构的影响应包络到分析结果中，计算时应考虑多种车道布载组合形式，验算时取其最不利包络结果。在分析桥梁抗倾覆稳定性时应采用车道荷载和车辆荷载分别进行计算，取最不利工况计算结果来判断桥梁抗倾覆性能，其中车道荷载采用相应设计荷载的 1.3 倍，抗倾覆验算车道荷载如图 A.1 所示，其中集中荷载 P_k 的取值见表 A.1。车辆荷载采用 55 吨间距 10 m 的密排重车，荷载系数取 1.2 倍。抗倾覆验算车辆荷载及纵向布置如图 A.2 所示，横向布置如图 A.3 所示。车道横向和纵向折减系数参照 JTG D60 中的相关规定。

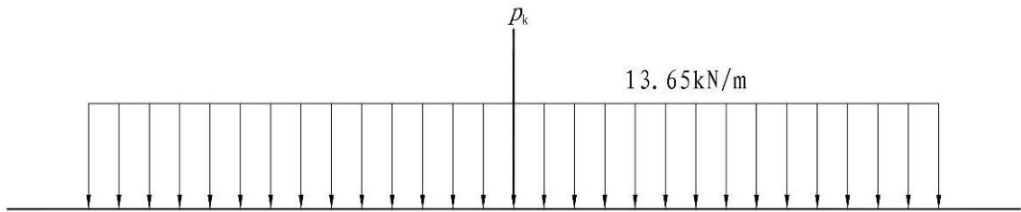


图 A.1 抗倾覆验算车道荷载

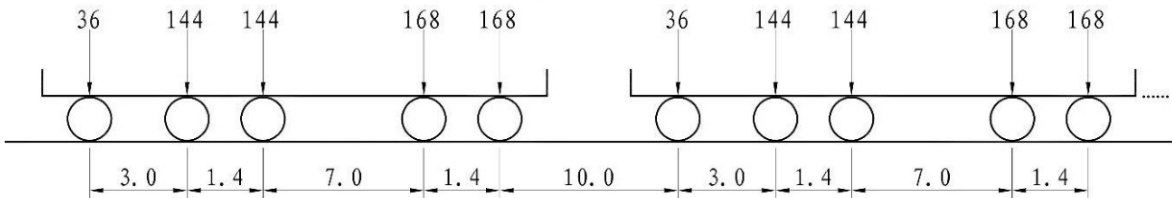


图 A.2 抗倾覆验算车辆荷载及纵向布置（图中尺寸单位为 m，荷载单位为 kN）

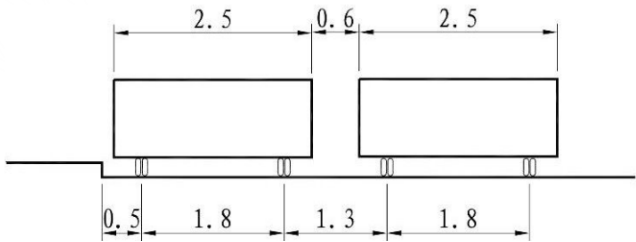


图 A.3 抗倾覆验算车辆荷载横向布置（图中尺寸单位为 m）

表 A.1 集中荷载 P_k 取值

计算跨径 L_0 (m)	$L_0 \leq 5$	$5 < L_0 < 50$	$L_0 \geq 50$
P_k (kN)	351	$2.6 (L_0 + 130)$	468

附录 B
(资料性)
相关计算

B.1 系统温度

计算桥梁结构因均匀温度作用引起的外加变形或约束变形时，应从受到约束时的结构温度开始，按当地有记录以来的实际最高温度和最低温度取值。当缺乏调查资料时，可按 JTG D60 相关规定取值。

B.2 梁截面横向温度梯度

除根据 JTG D60 考虑梁截面竖向温度梯度外，尚应考虑梁截面横向温度梯度，具体取值可采用实际测量结果，若无相关数据，取值可参考 JTG D60 相关规定。

B.3 离心力

离心力的作用点位置取桥面上 1.8 m 处，不做简化处理。

B.4 冲击力

弯矩冲击系数和扭矩冲击系数应分别计算，弯矩剪力的冲击系数可参照 JTG D60 规定执行，扭矩的冲击系数应不小于弯矩剪力的冲击系数，取值可参考公式（1）：

$$I_{mp} = 0.622 - 0.670(L^0/R) + 0.254(L^0/R)^2 \quad (0.22 < I_{mp} < 0.6) \quad \cdots \cdots (1)$$

B.5 自重

对于曲线半径小于 150 m 的曲线梁桥，用单梁有限元模型计算时应考虑梁体外弧长度大于内弧长度而产生的自重附加扭矩；对于圆心角小于 30°的曲线梁桥，自重附加扭矩可忽略不计。

参 考 文 献

- [1] CJJ 11-2011 城市桥梁设计规范
 - [2] CJJ 166-2011 城市桥梁抗震设计规范
 - [3] JTG/T 3360-01-2018 公路桥梁抗风设计规范
 - [4] JTG/T 3650-2020 公路桥涵施工技术规范
 - [5] JTG B01-2014 公路工程技术标准
 - [6] JTG D64-2015 公路钢结构桥梁设计规范
 - [7] JTG F80-1-2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
-